

Les 7 premiers articles de ce fascicule sont consacrés
au 22ème Colloque de la Société Française de Phytopathologie
tenu à Le Rheu (I.N.R.A., Rennes) les 13, 14 et 15 mai 1982 :

**RÉSISTANCE AUX MALADIES
ET AMÉLIORATION DES PLANTES**

After considering biological and genetical basis of partial resistance, it is incorrect to say that monogenic, specific, vertical and non durable resistance are identical concepts. In the similarly polygenic, non specific, horizontal and durable resistance, no longer cannot be considered identical. Durability of a given resistant gene cannot be done a priori. This requires exposure and observation of resistant genes during a long time and under varying pathogen populations and environmental conditions. Furthermore, the durability of a gene is not an absolute for it depends on the strategy of its use whether alone or combined with other resistance factors and whether or not it is used in combination with chemical protection.

INTRODUCTION

De la masse et de la diversité des travaux effectués au cours des dernières années dans le domaine des recherches sur la résistance des plantes aux maladies, de grandes orientations se dégagent. La première est que la résistance variétale tend à s'affirmer de plus en plus comme une composante essentielle des systèmes de lutte intégrée, c'est-à-dire une méthode de lutte dont l'emploi est à raisonner parmi un ensemble d'autres procédés. Ceci découle du fait que la résistance n'est plus considérée aujourd'hui comme une panacée susceptible de résoudre un jour la plupart des problèmes parasitaires ni comme vouée inéluctablement à l'échec en raison de l'adaptation des parasites aux gènes de résistance. Dans un tel contexte, les sélectionneurs sont amenés à exploiter non seulement des résistances absolues ou de haut niveau mais aussi des résistances partielles ou incomplètes dont l'utilisation doit permettre de réduire le nombre de traitements chimiques. Dans tous les cas, il est en outre devenu essentiel que ces résistances aient une action durable dans le temps. Ceci pose des problèmes de méthodologie de sélection ou d'utilisation en pratique des résistances.

La réalisation de ces trois objectifs interdépendants que constituent l'exploitation de résistances partielles, l'amélioration de la durabilité des résistances et l'intégration de la lutte génétique aux autres méthodes de lutte est soumise à des nombreuses contraintes. Celles-ci tiennent souvent à la logique même du développement des systèmes de culture des différentes espèces végétales. Nous tenterons d'analyser, au cours de l'exposé, le contenu de ces objectifs et de leurs contraintes en soulignant que les concepts relatifs à la nature des interactions hôte-parasite peuvent être énoncés aujourd'hui avec moins de dogmatisme.

I. — RÉSISTANCE VARIÉTALE ET LUTTE INTÉGRÉE

Ne pouvant être exhaustif, l'exposé sera limité à l'étude du modèle constitué par la lutte génétique et la lutte chimique dans leurs inter-relations. Il tentera de dégager les raisons qui, jusqu'à présent, ont concouru à opposer ces deux méthodes puis d'indiquer par quelles voies on peut envisager de les valoriser réciproquement notamment réduire significativement le nombre de traitements

chimiques grâce à l'introduction de caractères de résistance dans les variétés.

1) Analyse de la situation actuelle

Les cas où la lutte génétique et la lutte chimique sont utilisées en complémentarité correspondent le plus souvent à des situations où on traite chimiquement les maladies vis-à-vis desquelles on ne dispose d'aucune source de résistance chez la plante et où les variétés possèdent une résistance à l'égard de parasites incontrôlable par d'autres méthodes (certaines maladies virales ou certains parasites telluriques). Cette complémentarité n'est harmonieuse qu'en apparence car elle ne peut masquer les défauts pouvant être inhérents à chacune des deux méthodes (coûts de la lutte chimique, résidus de pesticides, développement de souches de parasites adaptées aux pesticides ou aux gènes de résistance).

Plus souvent, pour lutter contre un parasite donné, l'agriculteur peut avoir à sa disposition le choix des deux méthodes. Plusieurs raisons l'amènent généralement à retenir la solution chimique : son attachement à des types variétaux bien connus s'il sait en maîtriser la protection phytosanitaire, son hésitation à retenir une variété nouvelle dont la qualité essentielle serait la résistance. Cette hésitation est justifiée par le fait que la longue durée nécessaire à l'introduction d'un caractère de résistance dans une variété est peu compatible avec la fréquence des renouvellements variétaux imposés par diverses exigences économiques ou agronomiques. Les variétés résistantes peuvent ainsi donner l'impression d'une certaine inadéquation aux exigences du moment. S'il paraît essentiel que le sélectionneur pour la résistance fasse une évaluation pertinente des besoins variétaux du futur, il faut reconnaître qu'une telle appréciation est particulièrement délicate chez les plantes pérennes en raison de la durée des générations (5 ans chez le Pommier, 18 mois chez la Vigne, 9 mois seulement chez le Blé).

En dépit de ces facteurs défavorables à la voie génétique le choix de la voie chimique présente aussi des limites : outre les inconvénients déjà évoqués des pesticides, il apparaît de plus en plus que le coût des traitements est assimilé à une prime d'assurance qu'on accepte de payer non pas en fonction des véritables risques d'accidents mais selon l'importance des prévisions de revenus. Ainsi, ces coûts qui peuvent être considérés comme modiques eu égard aux pertes économisées, ne sont pas acceptables par tous : Pays du Tiers-Monde mais aussi certaines productions des pays occidentaux (ex : lutte contre le *Botrytis cinerea* dans les vignobles produisant du vin de consommation courante). Par ailleurs, les productions qui constituent un trop faible marché porteur pour les firmes ne font pas l'objet de demandes d'homologation des spécialités phytosanitaires. Pour les mêmes raisons de rentabilité, la recherche de molécules nouvelles ne concerne que certaines espèces limitées d'importance mondiale (Coton, Maïs, Soja, Riz, Céréales, Vigne). Si l'on ajoute à ces constats les phénomènes d'acquisitions de résistance aux fongicides qui ont concerné plusieurs grands groupes de molécules dans le passé récent (benzimidazoles, imides cycliques, acylalanines), on peut dire aujourd'hui que la lutte chimique a atteint

une période charnière de son évolution. Il sera nécessaire, dans le futur, de raisonner davantage son utilisation.

L'attrait immédiat du cultivateur pour les pesticides évoluera probablement vers une attitude plus critique. Il sera, dans cette perspective, de plus en plus fait appel aux potentialités génétiques de résistance des plantes.

2) Perspectives d'utilisation complémentaire des traitements chimiques et de la résistance variétale pour lutter contre les maladies.

Le nombre de recherches ou d'expérimentations réalisées aujourd'hui pour préciser l'intérêt du cumul de ces deux méthodes de lutte évolue significativement. L'objectif des stratégies de cumul est de réduire le nombre de traitements chimiques, tout en maintenant le niveau de protection du végétal, grâce à une élévation du niveau de résistance des plantes, ceci tout en limitant les risques d'apparition de souches d'agents pathogènes adaptées aux pesticides ou aux gènes de résistance.

Plusieurs exemples de telles stratégies ont ainsi déjà été proposés.

a) Combinaison lutte chimique - gènes faibles de résistance absolue.

Sur le plan épidémiologique, dans le cas des maladies à intérêts composés, l'adaptation d'une race de parasite de résistance se traduit par un retard dans le développement des épidémies égal à un temps TR. Un traitement fongicide réalisé en début de végétation peut permettre de retarder le délai d'adaptation d'un temps TF égal à la durée de fongistase. Si TR + TF est supérieur à la durée de végétation de la culture, les risques de maladie deviennent nuls (CLERJEAU et al., 1981). Cette stratégie est proposée dans le cas de la lutte contre le *Bremia* de la Laitue où 8 gènes de résistance ont déjà été surmontés (CRUTE, 1979).

Des stratégies beaucoup plus élaborées sont proposées par WOLFE (1981) pour lutter contre l'Oïdium de l'Orge. Cet auteur suggère d'utiliser les variétés multilignées en laissant inutilisée l'une des composantes tous les ans et de traiter à l'éthirimol les semences de cette composante lors de la dernière année de son utilisation (Fig. 1).

COMPOSANTES				
1 ère année	A _(F)	B	C	—
2ème année	—	B _(F)	C	D
3ème année	A	—	C _(F)	D
4ème année	A	B	—	D _(F)

(F) : traitement de semence à l'éthirimol.

Fig. 1. — Utilisation du traitement des semences chez une variété d'Orge multilignée résistante à l'Oïdium, selon WOLFE (1981).

Ces exemples, encore théoriques, montrent que la lutte chimique peut permettre d'accroître la durabilité des gènes faibles et donc, que la force d'un gène est une notion relative dont l'appréciation découle du mode d'utilisation de ce gène.

b) Combinaison lutte chimique - gènes de résistance partielle.

Des résultats de plus en plus nombreux indiquent que la lutte chimique et l'augmentation de la résistance générale des plantes peuvent aboutir à des effets additifs. Ainsi, chez la Pomme de terre, FRY (1975, 1978) a pu chiffrer le gain conféré par l'accroissement de résistance au Mildiou en poids de mancozèbe économisé par hectare cultivé. Chez l'Orge, SLOOTMAKER et al. (1975) ont pu montrer que le taux d'attaques d'Oïdium était identique chez une variété sensible traitée à forte dose, une variété non traitée possédant un haut niveau de résistance ou une variété partiellement résistante traitée avec de faibles doses de fongicide. Des résultats du même type ont été obtenus dans la lutte contre *Phytophthora capsici* sur Poivron à l'aide du phoséthyl-Al par CLERJEAU et al (1981).

L'ensemble des exemples présentés montre que, si une source de résistance donnée ne présente pas un intérêt suffisant pour être exploitée individuellement (faible niveau ou risque élevé de faillite), certains modes d'utilisation peuvent permettre sa valorisation. Outre la lutte chimique, certaines méthodes culturales agissant sur l'épidémiologie des agents pathogènes peuvent également assurer la valorisation des gènes de résistance. C'est le cas notamment du paillage plastique dans la lutte contre le virus de la Mosaïque du Concombre chez le Melon (LECOQ et PITRAT, 1982), ou des rotations culturales dans la lutte contre les nématodes (RIVOAL, 1979). Chez des variétés de Céréales (Blé ou Avoine) résistantes aux nématodes par exemple, le niveau de résistance exploité ne permet pas de résoudre en une seule année les problèmes nématologiques. En revanche, il permet d'abaisser fortement, à moyen ou à long terme, la nocivité des parasites (RIVOAL, 1979).

c) Approche nécessaire pour une réduction significative des traitements au niveau d'une culture

Les traitements chimiques appliqués aux cultures font généralement appel à des pesticides polyvalents agissant simultanément sur plusieurs maladies. L'introduction dans les variétés, d'une résistance à l'une de ces maladies, la plus importante par exemple, ne permet en fait de limiter significativement les traitements que si les autres maladies impliquent peu d'interventions.

La nécessité, toutefois, de maintenir une certaine couverture fongicide pour lutter contre ces maladies peut présenter un intérêt : améliorer la durabilité du gène de résistance introduit, permettre un effet additif avec ce gène. Il est possible, dans ces conditions, d'exploiter une résistance incomplète, le problème étant alors de déterminer le programme de traitement minimum le plus adéquat qui devra assurer un soutien efficace à la résistance tout en étant suffisamment efficace à l'égard des autres maladies (ex : lutte contre l'alternariose chez les

variétés de Tomate résistantes au Mildiou, à l'aide de dithiocarbamates).

En fait, une réduction notable du nombre de traitements sur les cultures faisant l'objet d'interventions nombreuses ne peut être obtenue qu'au prix de l'introduction de résistances de haut niveau à l'égard des maladies les plus dommageables et de résistances partielles vis-à-vis des parasites secondaires. C'est dans cette direction que sont conduits actuellement en France les travaux de sélection chez la Vigne (une bonne résistance au Mildiou associée à une moindre sensibilité à l'Oïdium, au Black-rot, au *Botrytis* et à l'antracnose devraient réduire à deux applications seulement les interventions chimiques). Chez le Pommier, l'objectif poursuivi est d'associer au gène Vf de résistance à la tavelure, une moindre sensibilité à l'Oïdium et au Puceron cendré (LES-PINASSE et al., 1976; OLIVIER et MARTIN, 1979).

En résumé, il ressort de ces éléments que l'introduction de caractères de résistance dans une variété doit être réfléchiée en fonction de toutes les implications qu'elle détermine au niveau de la culture. Ces implications sont quelquefois difficiles à apprécier lorsque les agents pathogènes que l'on veut combattre interviennent dans des complexes parasitaires ou sont antagonistes d'autres agents pathogènes (ex : le cas du *Cercospora herpotrichoides* et de *Rhizoctonia solani* chez le Blé).

3) Nécessité d'une analyse prospective de l'évolution des cultures pour l'amélioration de la résistance des plantes.

Si l'introduction de caractères de résistance ou de moindre sensibilité dans une variété doit être conçue dans la perspective de l'évolution des autres méthodes de lutte qui en découlera, elle doit aussi tenir compte de plus en plus des conséquences prévisibles au plan phytosanitaire de l'évolution des techniques culturales ou des propriétés agronomiques des nouvelles variétés. C'est donc une œuvre de prospective que doit faire le sélectionneur s'il souhaite éviter d'apporter avec trop de retard la réponse à un problème par la voie génétique.

Plusieurs domaines peuvent servir d'exemple :

— L'une des conséquences de l'intensification des cultures céréalières, en particulier la monoculture, est l'accumulation dans le sol des germes pathogènes se conservant dans les résidus de paille. Si l'on souhaite ne pas rendre ces cultures trop dépendantes des traitements chimiques dans le futur, il convient donc d'améliorer conjointement les caractères de qualité ou de productivité et les caractères de résistance. Sachant qu'il existe une relation inverse entre la hauteur des pailles et la sensibilité à la septoriose (TROTET, MERIEN, 1982), il est aisé de deviner les conséquences qu'il y aurait à créer des variétés à paille courte très productives mais plus sensibles au parasitisme (septoriose mais aussi fusariose et cecydomie).

— En arboriculture fruitière, la création de porte-greffes de Pommier mieux adaptés aux conditions d'asphyxie du sol entraînera nécessairement une extension des cultures vers des zones particulièrement propices aux *Phytophthora*

donc un développement de ces parasites si une moindre sensibilité n'est pas associée à la résistance à l'asphyxie.

— L'amélioration des variétés de Tomate pour une meilleure adaptation à la récolte mécanique devrait être menée conjointement avec l'introduction de caractères de moindre sensibilité aux *Alternaria*, parasites particulièrement agressifs sur les fruits surmurs récoltés mécaniquement.

En conclusion, sans faire preuve d'un idéalisme excessif, on pourrait émettre le vœu que les variétés nouvelles ne soient pas plus sensibles que leurs ascendantes. Cet objectif minimum qui devrait être celui de tous les sélectionneurs implique de conduire certains programmes d'amélioration dans des parcelles peu protégées chimiquement. Dans le cas contraire d'une couverture chimique maximum, on risque de perdre des gènes mineurs et rendre ainsi les végétaux de plus en plus dépendants de la phytopharmacie. Si dans le passé, on a négligé cet aspect c'est sans doute parce qu'on savait mal apprécier l'action des gènes mineurs de résistance partielle ou leurs possibilités d'exploitation en pratique.

II. — PROPRIÉTÉS DES RÉSISTANCES PARTIELLES

L'intérêt d'exploiter des résistances partielles dans les programmes de sélection ayant été souligné, il convient d'en préciser ici les principales propriétés.

1) Définition.

Par opposition aux résistances absolues qui inhibent totalement la multiplication des agents pathogènes, les résistances partielles ou résistances incomplètes ne font que réduire le taux d'infection apparent des plantes. C'est au niveau du développement des épidémies que leur effet est le plus notable.

Dans le cas des maladies à intérêts composés (plusieurs cycles successifs de multiplication), VAN DER PLANK (1975) a attribué à de telles résistances la terminologie de résistances horizontales, résistances considérées par ROBINSON (1976) comme non spécifiques, donc durables. Pour beaucoup, leur support génétique est polygénique.

Par le biais des assimilations on a eu tendance, au cours de la dernière décennie, à cataloguer les résistances des plantes en deux catégories : les résistances horizontales, polygéniques, non spécifiques, durables ralentissant le développement des épidémies et les résistances verticales, monogéniques, spécifiques, non durables retardant seulement le début des épidémies. Les connaissances acquises aujourd'hui sur le déterminisme des résistances partielles permettent de considérer comme simpliste cette appréciation manichéenne de la nature.

2) Composantes des résistances partielles

Plusieurs facteurs peuvent contribuer à réduire la gravité d'une maladie : la résistance à l'infection, à la colonisation des tissus ou à la reproduction de

l'agent pathogène. Le cumul de ces facteurs de résistance aboutit chez les plantes à une réduction du nombre de lésions lesquelles apparaissent plus tardivement, sont plus petites ou produisent moins d'inoculum. Souvent, ces résistances sont conditionnelles c'est-à-dire conditionnées par les paramètres du milieu (température, lumière, nutrition par ex).

a) Nature et mesure des composantes de résistance partielle

Les composantes généralement prises en compte dans les programmes de sélection sont :

- La fréquence d'infections (F.I.). Celle-ci peut être mesurée par le nombre d'infections positives par unité de surface. Cette composante est fréquemment influencé par l'âge de la plante ou de l'organe. Dans le cas de maladies virales, elle peut être influencée par le vecteur.

- La période de latence (P.L.). La durée de cette période est assez souvent corrélée avec celle de la période d'incubation (P.I.). Dans certains cas, la mesure de P.I. est plus aisée que celle que P.L. par exemple chez le Blé infecté par *Septoria nodorum* (RAPILLY et al., 1981).

- La production de particules infectieuses, spores de champignons par ex., (P.S.). Cette composante est généralement difficile à mesurer car elle varie dans le temps. Elle peut être exprimée par unité de surface de feuille mais, dans la mesure où P.S. peut dépendre de la taille des lésions, on peut aussi l'exprimer par unité de surface de lésion ou de surface sporulante. Par commodité, on apprécie souvent P.S. sur des plantes au stade plantule, en conditions contrôlées. Ce stade n'est cependant pas toujours représentatif.

D'autres composantes peuvent faire l'objet d'importantes différences entre variétés, telles que la durée de période infectieuse ou la vitesse d'extension des lésions. Ce sont les caractéristiques de chaque maladie ou les particularités du comportement de certaines variétés qui doivent déterminer le choix des composantes à mesurer. En plein champ, leur appréciation est quelquefois délicate en raison des interactions entre parcelles qui aboutissent à une sous-estimation des résistances dans les petites parcelles. Dans de telles conditions, cependant, le rang de classement des variétés mises en comparaison n'est pas modifié.

b) Interactions entre composantes.

Chez la plupart des couples hôte-parasite, les diverses composantes de résistance sont étroitement associées. On observe alors que les variétés les plus résistantes sont celles chez qui FI et PS sont les plus faibles et PL le plus élevé. C'est le cas des composantes de résistance de l'Orge à *Puccinia hordei* (PARLEVLIET, 1979) ou de la Pomme de terre à *Phytophthora infestans* (UMAREUS, 1970; UMAREUS et LINHNELL, 1976).

Il y a cependant des exceptions. Par exemple, chez l'Orge contaminée par *Rhynchosporium secalis* (HABGOOD, 1977), la taille des lésions et la période de latence ne varient pas selon les variétés. Des différences importantes portent, en revanche, sur le taux de production de spores.

Lorsque certaines composantes sont mieux corréllées que d'autres avec la résistance observée au champ, le programme de sélection doit prendre en compte le ou les paramètres les plus significatifs choisis en fonction des facilités d'appréciation et à un stade où on peut établir les plus grandes différences entre variétés. Chez l'Avoine, par exemple, pour apprécier les différences de sensibilité à *Ditylenchus dipsaci*, il est préférable de mesurer le taux de multiplication du nématode dans les tissus plutôt que l'intensité du gonflement de l'hôte (RIVOAL et al., 1978). Chez le Blé, RAPILLY et al. (1981) ont pu montrer après des études de simulation et l'analyse de résultats d'inoculations artificielles que la période d'incubation est le facteur le plus aisément mesurable qui puisse le mieux rendre compte du niveau de résistance des variétés à *S. nodorum*.

3) Déterminisme génétique - spécificité des résistances partielles

Si la grande majorité des cas étudiés a permis de montrer que les résistances partielles sont déterminées par l'action cumulative de nombreux gènes mineurs, plusieurs exemples de résistance partielle à support monogénique sont également connus : résistance à la Cladosporiose conférée par les gènes Cf1 ou Cf3 chez la Tomate (BOUKEMA, GARRETSEN, 1975) ou résistance du Maïs à *Helminthosporium turcicum* due aux gènes Ht1 et Ht2 (CALUB et al., 1973). Certains auteurs attribuent ces résistances à l'action résiduelle de gènes majeurs surmontés par des races adaptées d'agents pathogènes.

Le nombre de gènes qui conditionne la résistance d'une variété ne peut, d'autre part, permettre de conclure sur la spécificité de cette résistance c'est-à-dire sur l'existence de races physiologiques virulentes sur cette variété. En effet, si de nombreux auteurs ont longtemps pensé que la nature polygénique d'une résistance impliquait, presque par définition, l'absence d'interactions différentielles entre les génotypes de l'hôte et ceux de l'agent pathogène, les résultats obtenus par CATEN (1974) et LATIN et al. (1978) sur le couple Pomme de terre / *P. infestans*, par PARLEVLIET (1978) sur le couple Orge / *Puccinia hordei*, par POCHARD et DAUBEZE (1980), sur le couple Piment / *P. capsici* montrent qu'il peut exister des pathotypes spécifiquement adaptés à certains gènes mineurs de l'hôte. A partir d'un exemple théorique, PARLEVLIET et ZADOKS (1977) ont d'ailleurs pu mettre en évidence par le calcul que les interactions différentielles entre gènes mineurs de l'hôte et du parasite peuvent se traduire par des effets observables non spécifiques lorsqu'on confronte une gamme de variétés.

Ces données indiquent qu'il est probablement vain de vouloir opposer les gènes mineurs et les gènes majeurs par des critères autres que le niveau de résistance qu'il confèrent aux plantes. Le fait qu'une résistance soit partielle ne permet pas de conclure a priori sur le nombre de gènes qui la conditionnent, ni sur sa spécificité donc sur le risque d'apparition de pathotypes qui viendront éroder son efficacité.

Enfin, si l'on observe que des propriétés telles que la réduction des fréquences d'infection ou de la production de spores et telles que l'augmentation de la

période de latence qui caractérisent habituellement les résistances partielles sont des facteurs qui, sur le plan épidémiologique, déterminent soit un retard dans le développement des maladies (critères de résistance verticale), soit un ralentissement de leur développement (critère de résistance horizontale), on doit conclure, comme CLIFFORD (1975) et PARLEVLIET (1978), que l'opposition entre ces deux types (vertical et horizontal) est tout à fait arbitraire.

III. — DURABILITÉ DE L'EFFICACITÉ DES GENES DE RÉSISTANCE

C'est tout particulièrement dans le domaine des espèces pérennes ligneuses que se justifie la nécessité d'exploiter des résistances ayant une efficacité stable dans le temps, compte-tenu de la durée d'implantation des vergers ou des vignobles. Dans la mesure où, cependant, l'appréciation de la durabilité ne peut être faite que à posteriori, c'est-à-dire après plusieurs années d'exposition du ou des gènes aux populations parasitaires, il est essentiel que la résistance soit introduite dans des types variétaux de très grande qualité afin qu'en cas de faillite de la résistance, la variété demeure suffisamment intéressante.

Dans le domaine des plantes annuelles, la notion de long terme attachée à celle de durabilité peut paraître, en première analyse, sans intérêt eu égard aux renouvellements fréquents de variétés imposés par l'évolution des types de production ou des exigences des consommateurs. Le temps nécessaire à l'introduction de caractères de résistance dans un type variétal donné peut même quelquefois être supérieur au temps pendant lequel la variété restera attractive. Cela n'est cependant pas une loi générale : certains types variétaux ont une bonne pérennité et certaines résistances peuvent être exploitées rapidement. Lorsque le sélectionneur a, par exemple, créé plusieurs variétés nouvelles résistantes, mais dépassées sur le plan agronomique, il dispose néanmoins d'un matériel amélioré utilisable pour un second cycle de sélection. Ainsi, en croisant de telles variétés, il peut obtenir des types nouveaux résistants sans même devoir pour cela réaliser d'inoculations artificielles (CLERJEAU et al., 1979).

Si la durabilité en pratique des gènes introduits dans les variétés dépend en partie de la gestion (ou stratégie) de leur utilisation dans le temps ou dans l'espace, en combinaison avec d'autres méthodes de lutte, elle dépend aussi d'autres facteurs inhérents au travail du sélectionneur que MESSIAEN (1981) appelle tactique d'utilisation des gènes de résistance. Les éléments de tactique les plus fréquemment exploités consistent dans :

— *Le choix de gènes ou de systèmes de gènes «forts»*

La «force» des gènes peut être appréciée par la recherche de souches d'agents pathogènes virulentes à l'égard de ces gènes. Cette recherche peut consister à isoler dans la nature un maximum d'isolats puis à les inoculer sur une collection d'hôtes différentiels ou bien à exposer dans la nature, les différents gènes dont on dispose sous une forte pression d'inoculum de populations variées. C'est la technique des vergers pièges que LESPINASSE et al. (1979) ont retenu pour éprouver la solidité des gènes de résistance du Pommier à la Tavelure.

Pour la sélection des Céréales, DOUSSINAULT (1980) comme JOHNSON (1981) propose d'utiliser comme sources de résistance, des géniteurs qui ont fait leurs preuves sur une longue période et une grande échelle et d'effectuer les tris à l'aide des souches qui se sont montrées les plus agressives sur ces géniteurs.

— *Le cumul de gènes ayant un mode d'action différent*

Plusieurs exemples montrent que l'addition de plusieurs gènes ou systèmes géniques de résistance au sein d'une même variété peut permettre d'améliorer la stabilité dans le temps de la résistance : association des gènes Tm-1 et Tm-2² chez la Tomate contre le virus de la mosaïque du Tabac, association des gènes Fom 1 et Fom 2 et d'une résistance polygénique issue du géniteur Kogane Nashi Makuwa chez le Melon contre *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (CLERJEAU et al., 1981); association du gène VF et d'une résistance polygénique issue de vieilles variétés européennes (LESPINASSE et OLIVIER, 1981). Pour parvenir à cumuler un nombre élevé de gènes, la méthode des rétrocroisements peut rapidement présenter des limites. La méthode de sélection récurrente ou réciproque peut, en revanche, présenter de nombreux avantages.

S'il est constaté qu'un agencement donné d'un nombre élevé de gènes permet d'améliorer la durabilité d'une résistance, il est cependant très difficile de savoir, a priori, quelle combinaison de gènes est susceptible de mieux assurer cette durabilité. Rien ne prouve, en effet, que l'absence d'attaques chez un géniteur donné, n'est pas due à l'action d'un seul gène, non caractérisé (JOHNSON, 1981). En fait, il apparaît qu'une solide connaissance, de la part des sélectionneurs, des systèmes de relations hôtes-agents pathogènes est la meilleure garantie que la résistance exploitée est la mieux appropriée à la situation concernée. Ainsi, la philosophie de NELSON (1978) en matière de sélection pour la résistance paraît tout à fait satisfaisante : «Go back youngman and gather-up your weary and defeated resistance genes of the past, take your currently successful genes, find some new ones if you can and build yourself a genetic pyramid».

CONCLUSION

Si l'on peut considérer que le domaine de la création de variétés résistantes et de leur utilisation constitue aujourd'hui un sujet agronomique d'actualité, il ne s'agit pourtant pas d'une préoccupation nouvelle. Depuis les origines de l'agriculture, l'homme a su cultiver les populations végétales en tenant compte de leur comportement vis-à-vis des agressions du milieu et en déterminant avec patience les conditions culturales les plus aptes à réduire l'effet de ces agressions. Naturellement, ces conditions étaient celles qui convenaient à une économie de subsistance. Plus récemment, mais cependant au siècle dernier, c'est grâce à l'utilisation conjointe de la lutte chimique alors naissante et de la résistance variétale obtenue par hybridation interspécifique (alors révolutionnaire) que la viticulture française a pu surmonter les arrivées successives et catastrophiques de l'Oïdium (1850), du Phylloxera (1865) et du Mildiou (1878).

En fait, ce qui détermine l'actualité du sujet réside dans la tentative d'explication et d'exploitation du fonctionnement des systèmes hôtes-parasites dans le cadre d'une agriculture nouvelle, à caractère industriel, en constante évolution. La difficulté de parvenir à une bonne adéquation des méthodologies de création ou de gestion des variétés résistantes aux exigences des systèmes de culture justifie l'importance des travaux actuellement engagés sur le sujet. Grâce à une approche du problème qui s'affirme de plus en plus comme pluridisciplinaire, on peut constater aujourd'hui une évolution des conceptions mais il serait grave de vouloir ériger en vérité intangible ce que nous croyons être la meilleure démarche pour parvenir aux objectifs définis. C'est sans a priori sur l'opportunité d'exploiter des résistances de haut niveau ou des résistances partielles, monofactorielles ou polyfactorielles, que le sélectionneur, aidé par le pathologiste, doit choisir parmi les ressources génétiques de défense des plantes, celles qui lui paraissent les mieux adaptées à l'espèce annuelle ou pérenne qu'il doit améliorer. Pour cela, il doit tenir compte de l'ensemble des paramètres agrotechniques ou agroéconomiques qui caractérisent la culture et doit pouvoir apprécier dans quel sens ces paramètres (autres méthodes de lutte, techniques culturales) vont évoluer dans le futur.

REMERCIEMENTS

J'exprime toute ma reconnaissance à Gérard DOUSSINAULT (INRA Rennes), à Jean-Marc OLIVIER ■ Yves LESPINASSE (INRA Angers) pour les avis dont ils m'ont fait bénéficier pour la réalisation de mon exposé.

BIBLIOGRAPHIE

- BOUKEMA I.W., GARRETSEN F., 1975 — Uniform resistance to *Cladosporium fulvum* Cooke in Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 2. Investigations on F₂'s and F₃'s from diallel crosses. *Euphytica* 24 : 105-116.
- CALUB A.G., DUNN G.M., ROUTLEY D.R., 1973 — Effects of genetic background on monogenic resistance to *Helminthosporium turcicum* in Maize (*Zea mays* L.). *Crop. Sci.* 13 : 561-563.
- CATEN C.E., 1974 — Inter racial variation in *Phytophthora infestans* and adaptation to field resistance for Potato blight. *Ann. Appl. Biol.* 77 : 259-270.
- CLERJEAU M., LATERROT H., PITRAT M., 1979 — Création de variétés résistantes aux maladies chez les plantes maraîchères. *B.T.I.* 337 : 101-114.
- CLERJEAU M., LATERROT H., PITRAT M., LECOQ H., 1981 — Orientations actuelles de la sélection de variétés résistantes aux maladies chez les plantes maraîchères. *Agronomie* 1 : 41-48.
- CLIFFORD B.C., 1975 — Stable resistance to cereal diseases : problems and progress. *Rep. Welshplant Breed. Stn.* 1974 : 107-113.

- CRUTE I.R., 1979 — Lettuce mildew - destroyer of quality. *ARC Research review* 5 (1) : 9-12.
- DOUSSINAULT G., 1980 — La sélection pour la résistance aux parasites chez les céréales à paille autogames. Éléments de choix parmi les stratégies possibles, intérêt des hybridations interspécifiques. *Ann. Phytopathol.* 12 (4) : 304-306.
- FRY W.E., 1975 — Integrated effects of polygenic resistance and a protective fungicide on development of Potato late blight. *Phytopathology* 65 : 908-911.
- FRY W.E., 1978 — Quantification of general resistance of Potato cultivars and fungicide effects for integrated control of Potato late blight. *Phytopathology* 68 : 1650-1655.
- HABGOOD R.M., 1977 — Resistance of Barley cultivars to *Rhynchosporium secalis*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 69 : 281-286.
- JOHNSON R., 1979 — The concept of durable resistance. *Phytopathology* 69 (3) : 198-199.
- JOHNSON R., 1981 — Durable resistance : definition of genetic control and attainment in plant breeding. *Phytopathology* 71 (6) : 567-568.
- LATIN R.X., MACENZIE D.R., COLE H., 1978 — A significant host-pathogen interaction determined among apparent infection rates. *Phytopathol. News* 12 : 70-71 (Abstr.).
- LECOQ H., PITRAT M., 1982 — Éléments pour une stratégie de lutte génétique et culturale contre le CMV chez le Melon. La sélection des Plantes, Bordeaux (France), 21-26 mars 82, INRA Édit., 45-58.
- LESPINASSE Y., MILAIRE H.G., DECOURTYE L., 1976 — L'amélioration du Pommier pour la résistance aux champignons parasites et aux arthropodes nuisibles. *B.T.I.* 306 : 17-34.
- LESPINASSE Y., OLIVIER J.M., GODICHEAU Marie, 1979 — Études entreprises dans le cadre de la Tavelure du Pommier. *C. R. Eucarpia*, Fruit section, Angers 3-7 sept. 79, INRA Édit. : 97-110.
- MESSIAEN C.M., 1981 — Les variétés résistantes. Méthodes de lutte contre les maladies et ennemis des plantes. INRA Édit. 374 p.
- NELSON R.R., 1978 — Genetics of horizontal resistance to plant diseases. *Ann. Rev. Phytopathol.* 17 : 203-222.
- OLIVIER J.M., MARTIN D., 1979 — Les tavelures des arbres fruitiers : problèmes posés par l'utilisation des fongicides et des variétés résistantes. ACTA Édit. : 350-353.
- PARLEVLIET J.E., ZADOKS J.C., 1977 — The integrated concept of disease resistance : a new view including horizontal and vertical resistance in plants. *Euphytica* 26 : 5-21.
- PARLEVLIET J.E., 1979 — Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. *Ann. Rev. Phytopathol.* 17 : 203-222.
- POCHARD E., DAUBEZE A.-M., 1980 — Recherche et évaluation des composantes d'une résistance polygénique : la résistance du Piment au *Phytophthora capsici*. *Ann. Amélior. Plantes* 30 (4) : 377-397.
- RAPILLY F., AURIAU P., LABORIE Y., DEPATUREAUX C., SKAJENNIKOFF M., 1981 — Résistance partielle du Blé, *Triticum aestivum* L. à *Septoria nodorum* Berk. Étude du temps d'incubation. *Agronomie* 1 (9) : 771-782.
- RIVOAL R., 1979 — Céréales : nématodes et variétés résistantes. *Cultivar*, avril 79 : 69-73.
- RIVOAL R., PERSON F., CAUBEL G. SCOTTO LA MASSESE C., 1978 — Méthodes d'évaluation de la résistance des Céréales au développement des nématodes : *Ditylenchus dipsaci*, *Heterodera avenae* et *Pratylenchus* spp. *Ann. Amélior. Plantes* 28 (4) : 371-394.
- ROBINSON R.A., 1976 — Plant pathosystems. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York édit., 186 p.

- SLOOTMAKER L.A.J., WOLFE M.S., SCHWARZBACH E., POST E., 1975 — An international project in integrated disease control : barley powdery mildew. *Proc. 3rd Int. Barley Genet. Symp.* : 517-523.
- TROTTEY M., MERIEN P., 1982 — Analyse du comportement de vingt lignées de Blé Tendre vis-à-vis de *Septoria nodorum* Berk. *Agronomie* 2 (8) : 727-734.
- UMAREUS V., 1970 — Studies on field resistance to *Phytophthora infestans*, 5. Mechanisms of resistance and application to Potato breeding. *Z. Pflanzenzucht* 63 : 1-23.
- UMAREUS V., LIHNELL D., 1976 — A laboratory method for measuring the degree of attack by *Phytophthora infestans*. *Potato Res.* 19 : 91-107.
- VAN DER PLANK J.E., 1975 — Principles of plant infection. Academic Press, New York, San Francisco, London edit., 211 p.